# TRAVAIL PRATIQUE N° 2

# Mesurage avec la colonne de mesure Tesa-Hite

## 1 Objectifs de l'expérience

Le but de cette expérience est d'effectuer des mesures de cotes de longueur à l'aide du mode « Mesure de longueur dans une direction, sans calibration » avec la colonne de mesure Tesa-Hite.

## 2 Les résultats à obtenir

1. Contrôle dimensionnel d'une pièce mécanique
2. Evaluation des erreurs et analyse statistique

## 3 Matériel à disposition

| Désignation | Remarques |
|---|---|
| Laboratoire de métrologie | Température: $22 \pm 0.5°C$ |
| Bloc de marbre | |
| TesaHite 700 | |
| Pièce à mesurer | Matière : Alliage Alu (non traité) |
| Gants pour toucher la pièce | |

### 3.1 Tesa-Hite

Le Tesa-Hite 700 est un instrument de mesure de hauteur autonome, qui se prête à la détermination de dimensions extérieures et intérieures, étages, de hauteur, de profondeur et de distance.

Les surfaces cylindriques circulaires (alésages et arbres) peuvent également être mesurées de manière simple et sûre par la recherche automatisée du point de rebroussement.

L'activation de la pompe électrique, permet la formation d'un coussin d'air pour faciliter le déplacement de l'instrument. Dans un premier temps, la touche de palpage est amenée sur le point de mesure à vérifier, puis immobilisée le temps de sa stabilisation; en exécutant ensuite une nouvelle légère rotation du système d'entraînement, la valeur mesurée est alors automatiquement saisie dans un processus dynamique, avec une force de mesure toujours égale. Un signal acoustique confirme la saisie; la valeur est immédiatement affichée et, le cas échéant, transférée par la sortie RS 232.

Les valeurs de correction mémorisées dans l'instrument compensent les erreurs systématiques lors de la mesure des longueurs.

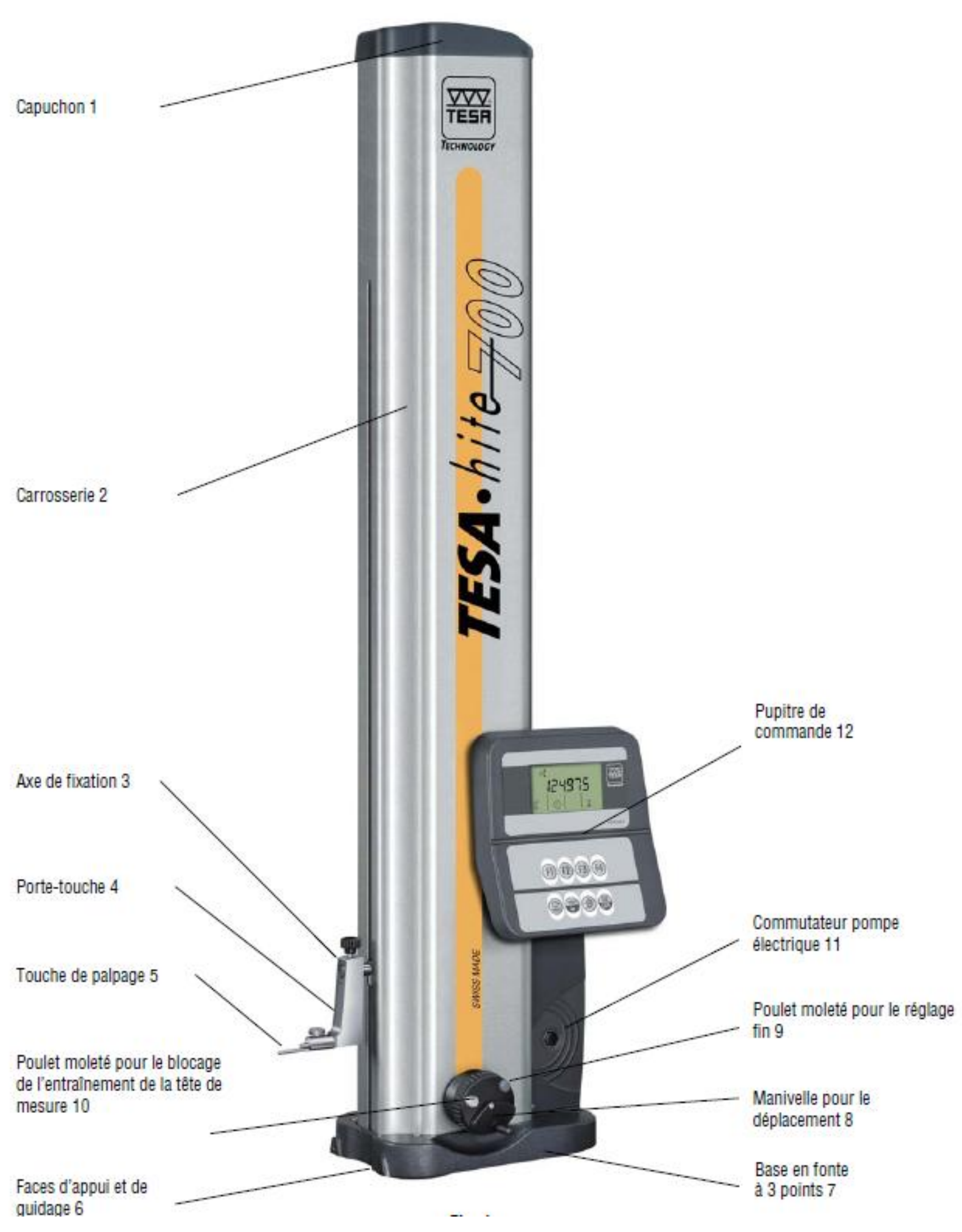



**Figure 3-1…Tesa-Hite 700**

### 3.1.1 Principe de base

Lors de la mesure au moyen du TESA-Hite 400 / 700, la manière de saisir les valeurs mesurées est déterminée avant tout par le problème de mesure. Pour l'essentiel, il y a lieu de retenir les principes de base suivant :

- Déterminer la valeur mesurée par un ou deux palpages.
- Mesurer avec ou sans inversion du sens de palpage.
- Mesurer avec ou sans recherche du point de rebroussement.

### 3.1.2 Modes de mesurage

**Mode 1** : Mesure de longueur dans une direction **sans calibration**

**Mode 2** : Mesure de longueur dans deux directions **avec calibration** .

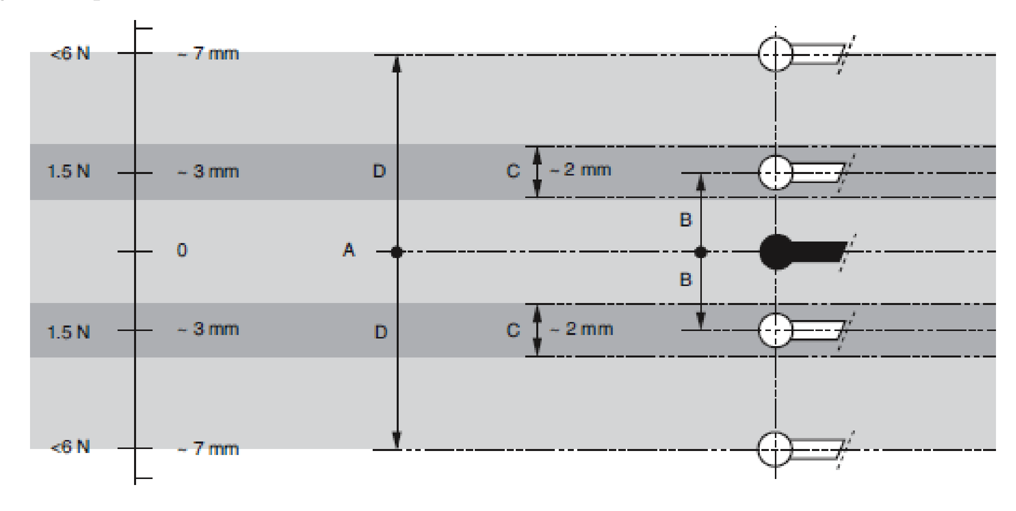
**Mode 3** : Mesure avec détermination du point de rebroussement.

### 3.1.3 Système de mesure

Le TESA-Hite 400 / 700 possède un système de mesure opto-électronique opérant la saisie digitale de la grandeur mesurée dite mesurande. Une règle en verre à divisions incrémentales sert de mesure matérialisée ; elle comporte un repère de référence. Selon un procédé de réflexion, la règle est balayée sans contacts par un capteur à éléments photosensibles.

Après une conversion analogue/digitale, le signal de mesure est transmis pour traitement. Partant du point A, le système de saisie des valeurs peut être déplacé de haut en bas jusqu'aux points de déclenchement respectifs. Une fois l'un ou l'autre de ces points atteint, la saisie est déclenchée, c'est à dire que la position de la tête de mesure par rapport aux divisions incrémentales est saisie par le capteur.

L'étendue C, symétrique par rapport à la position de chaque point de déclenchement dans la course du système de mesure, est réservée à la recherche du point de rebroussement lors du palpage des surfaces cylindriques circulaires.




**A** Position de départ
**B** Course jusqu'au point de déclenchement supérieur respectivement inférieur pour la saisie
**C** Etendue partielle pour la recherche du point de rebroussement
**D** Course dans une direction de la position de départ à la butée à ressort

### 3.1.4 Correction automatique de la valeur mesurée

Par définition, il est impossible de concevoir un instrument de mesure rigoureusement précis. Toute valeur mesurée présente un écart par rapport à la valeur exacte. Ces écarts sont regroupés en :

- erreurs de *justesse*: composantes systématiques de l'erreur; peuvent être corrigées,
- l'erreur de *fidélité* (composante aléatoire ; d'influences non maîtrisables, telle la dispersion des valeurs, par exemple).

Au nombre des erreurs, on compte notamment les écarts des divisions de la mesure matérialisée ainsi que les erreurs de forme et de position des guides de la tête de mesure.

Pour la correction des mesurages de longueur, après montage complet de l'instrument TESA-Hite 400 / 700 les erreurs systématiqus effectives sont déterminées au moyen d'un système de cales étagées.

Les valeurs de correction ainsi calculées seront ultérieurement mémorisées dans le module électronique de l'instrument. Ainsi, chaque valeur mesurée saisie par le TESA-Hite 400 / 700 sera corrigée automatiquement avant d'être affichée.

# 4 Mode opératoire

## 4.1 Préparation

- S'assurer de la propreté du marbre, le nettoyer le cas échéant.
- S'assurer de la propreté de la pièce à mesurer, la nettoyer le cas échéant.

Pour garantir la fiabilité des valeurs mesurées, il est nécessaire que la condition suivante soit remplie: la touche de palpage 5 doit être solidement fixée sur le porte-touche 4 lui-même également fixé sur l'axe de fixation 3. A cet effet, s'assurer que les deux vis moletées du porte-touche sont bien serrées.

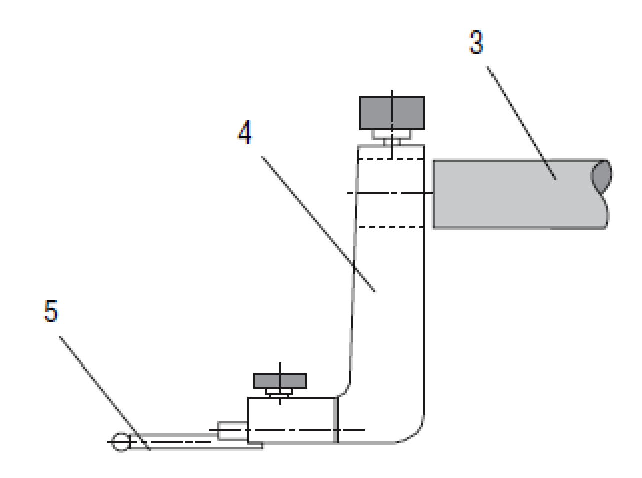



**Figure 4-1 La touche de palpage**

## 4.2 Démarrage de Tesa-Hite

Après l'enclenchement de l'instrument (ON/OFF) une double barre apparaît à l'écran.

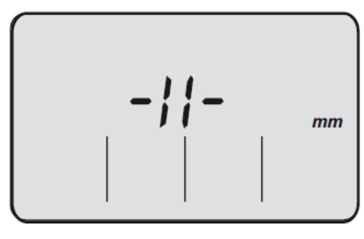


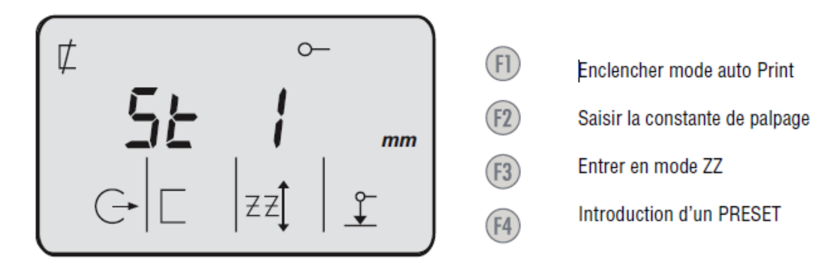

**Figure 4-2**

Pour entrer en mode mesure, il faut d'abord rechercher les repères internes « haut » et « bas ». Pour cela, déplacer lentement le chariot de mesure sur une certaine distance ; puis, dès l'apparition des 2 triangles on peut déplacer le chariot plus rapidement afin de passer la barre de référence.




**Figure 4-3**

Après le passage de la référence le TESA-Hite 400 / 700 se trouve en mode mesure **sans calibration** et l'affichage suivant apparaît :




**Remarque**: à l'enclenchement, si on active d'abord la touche F1, puis simultanément les touches F1 et ON/OFF, ensuite on relâche la touche ON/OFF puis F1, l'instrument entre dans le mode de configuration.

## 4.3 Procédure générale de palpage pour la saisie des valeurs

- Déplacer la tête de mesure et la touche de palpage au moyen de la manivelle 8 (Figure 3-1, page 2).
- A l'aide de la bague moletée, avancer la touche de palpage jusqu'à ce qu'elle se trouve en contact avec le point à mesurer, mais sans déclencher la saisie de la valeur.
- Interrompre momentanément le mouvement.
- Avancer la tête de mesure en continuant de tourner la bague moletée lentement jusqu'à ce que la saisie soit confirmée par le signal acoustique.
- Eloigner la touche du point palpé.

Pour une saisie sûre des valeurs, le palpage du point à mesurer s'effectue toujours à un rythme régulier et de manière identique.

Lorsque la vitesse d'approche de la tête de mesure est réduite autant que possible et au dernier moment, le contact de la touche de palpage avec le point à mesurer s'établit de façon précise et sans à-coups.  Les valeurs mesurées ainsi saisies sont fiables et leur répétabilité optimale.

## 4.4 Mode 1 - Mesure de longueur dans une direction (sans constante de palpage)

Dans le Mode 1 le mesurage peut s'effectuer sans détermination de la constante de palpage.

La mesure commence par une mise à zéro effectuée en palpant la base du marbre.

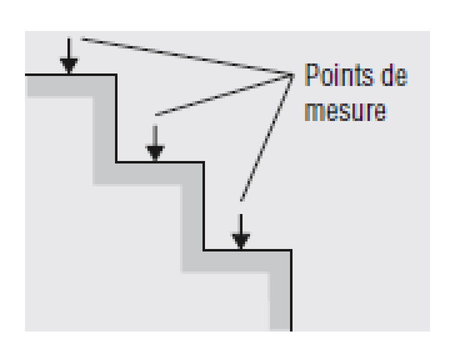



**Figure 4-4   Palpage dans une seule direction**

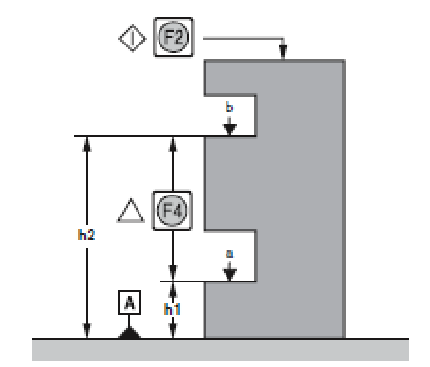



**Figure 4-5   Exemple de palpage**

## 4.5 Mesure avec calibration: détermination de la constante de palpage pour les mesures avec inversion du sens de palpage

Lors de la mesure des alésages, des arbres, des rainures, etc. avec inversion du sens de palpage, il est nécessaire de tenir compte de la constante de palpage.

Pour permettre à l'utilisateur d'effectuer tous ses mesurages sans recourir à une calculation fastidieuse, la constante du système de palpage est déterminée sur un étalon approprié dont la dimension effective est connue; en l'occurrence la jauge de référence N° 00760219 livrée avec l'instrument.

Par la combinaison des 3 cales étalons qui la constituent, elle représente une dimension intérieure ou extérieure de 6,350 mm / .25000 in.




**Remarques :** Utiliser exclusivement la jauge de référence livrée avec le TESA-Hite 400 / 700, laquelle porte le numéro 00760219 ainsi qu'un numéro de fabrication identique à celui de l'instrument. Le contrôle final du TESA-Hite 400 / 700 et le certificat fourni se réfèrent tous deux à cette jauge de référence.

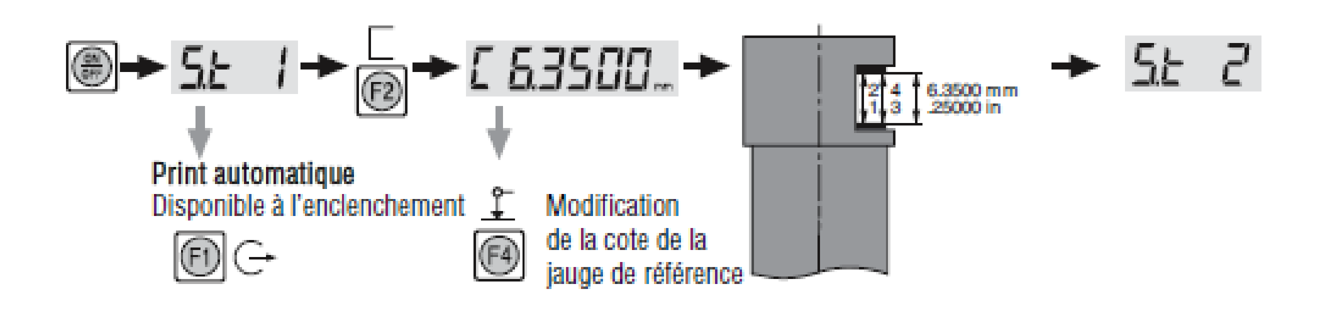
Une fois déterminée la constante de palpage, les principales valeurs d'influence ci-après seront considérées, respectivement compensées :

1. Diamètre de la bille ou du disque de la touche utilisée.
2. Déformation élastique de la touche et de son support sous l'action de la force de mesure.
3. Erreur de réversibilité du système de mesure.

La détermination de la constante de palpage exige deux palpages au moins de chacun des points de mesure.

Pour cela on entrera dans le mode « F2 ». Ensuite on ira palper la jauge en bas (une fois), en haut, en encore en bas, en haut.

La différence entre les deux valeurs obtenues à chaque point ne doit pas excéder 1 µm. Si l'instrument constate une différence supérieure à cette limite, elle sera affichée et l'on pourra soit l'accepter ou reprendre la constante de palpage.



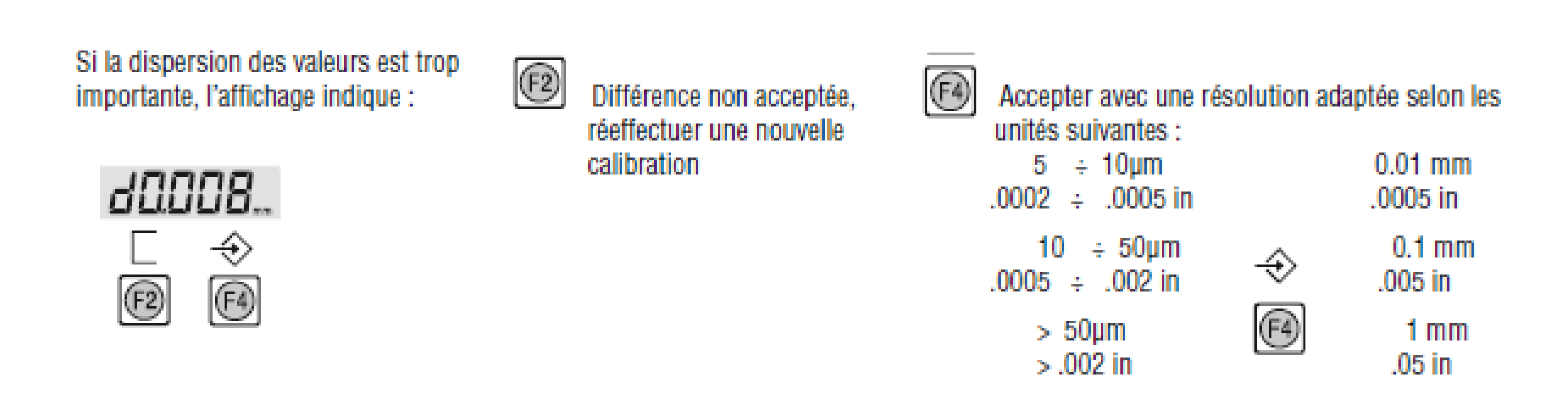




**Figure 4-6 Les étapes pour la détermination de la constante de palpage**

## 4.6 La pièce à mesurer

Le dessin de la pièce à mesure se trouve en annexe (dernière page de ce document).

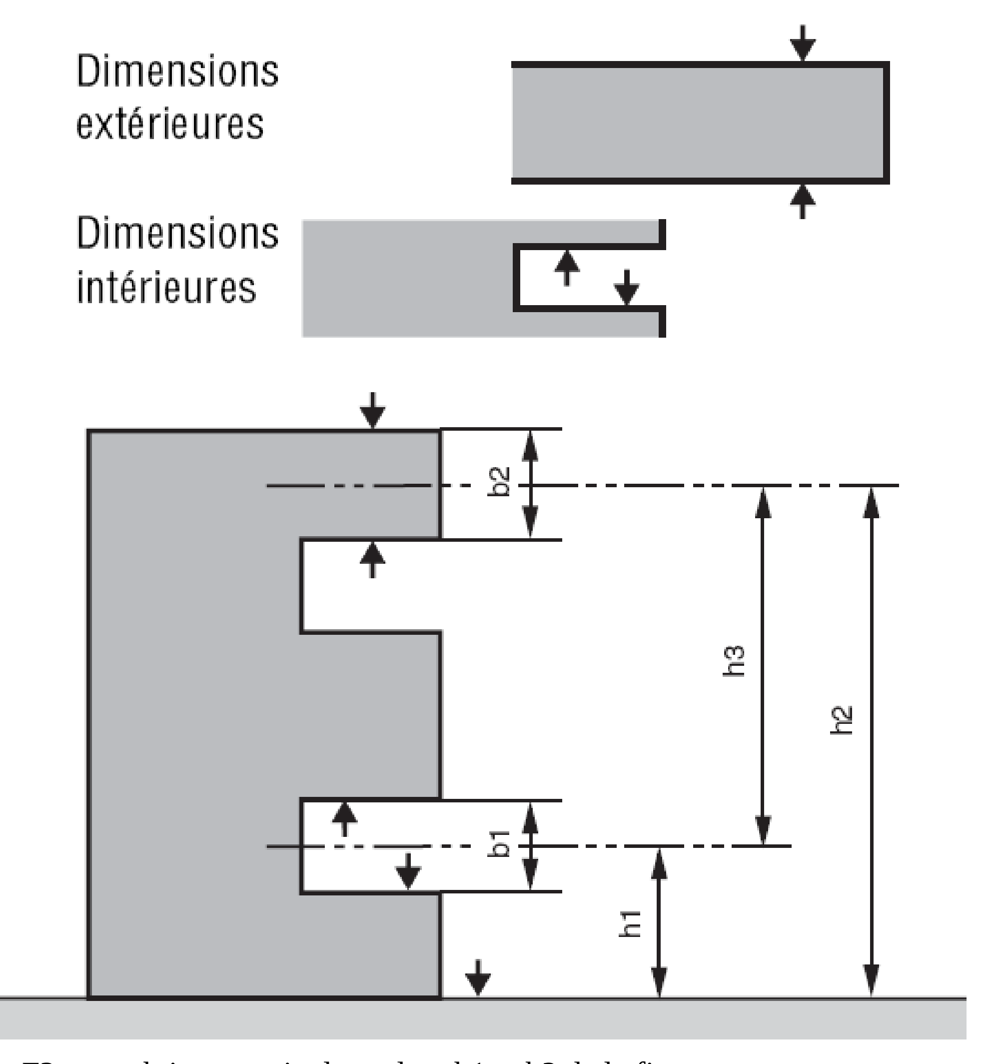
**Votre objectif est de vérifier les principales cotes de ce dessin et d'évaluer ensuite les erreurs de mesure et de la pièce.**

Placer la pièce, verticalement, sur le marbre avec la face de référence A sur le marbre.

## 4.7 Mode 2 - Mesure de longueur dans deux directions avec constante de palpage

La détermination préalable de la constante de palpage est nécessaire.

Ensuite on ira successivement palper les deux surfaces délimitant soit une protubérance, soit une ouverture de la pièce. Après le deuxième palpage la valeur du centre de la protubérance/ouverture est donnée (h1 ou h2 dans la figure ici-bas).




En pressant « F3 » on obtient ensuite les valeur b1 et b2 de la figure.

Les procédures avec simple et double palpage sont illustrées à la figure ici-bas.

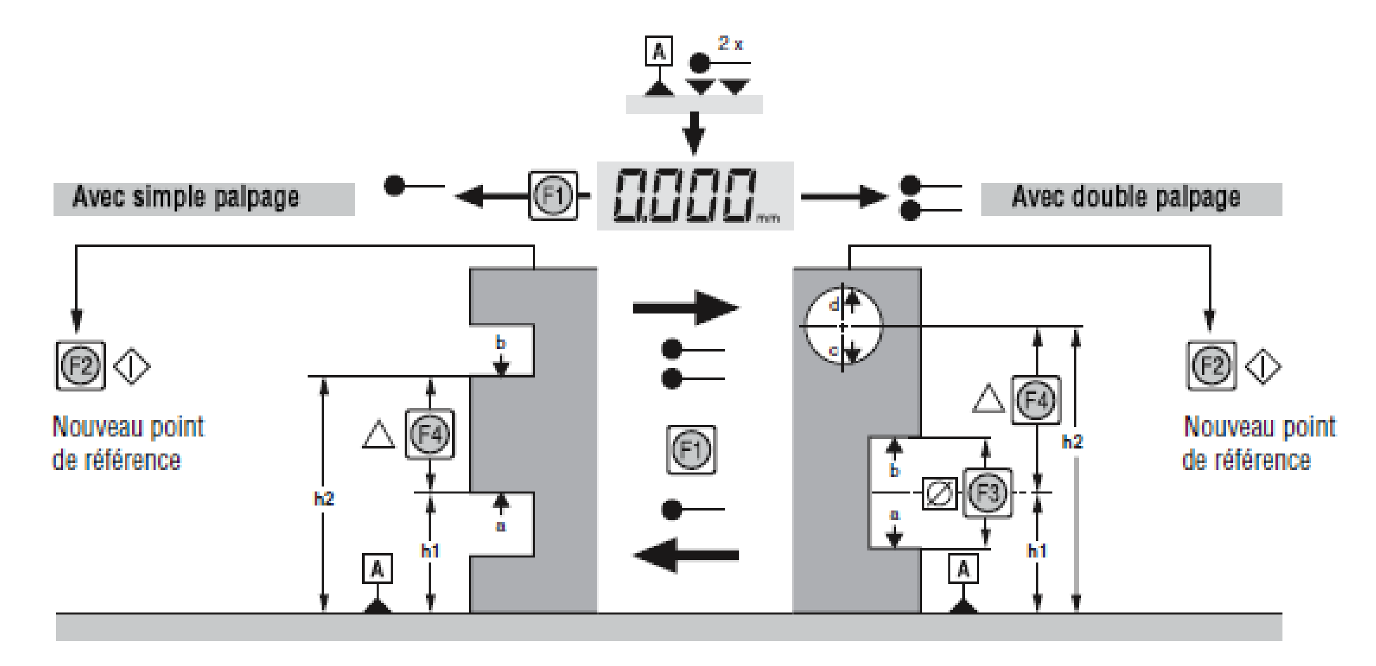
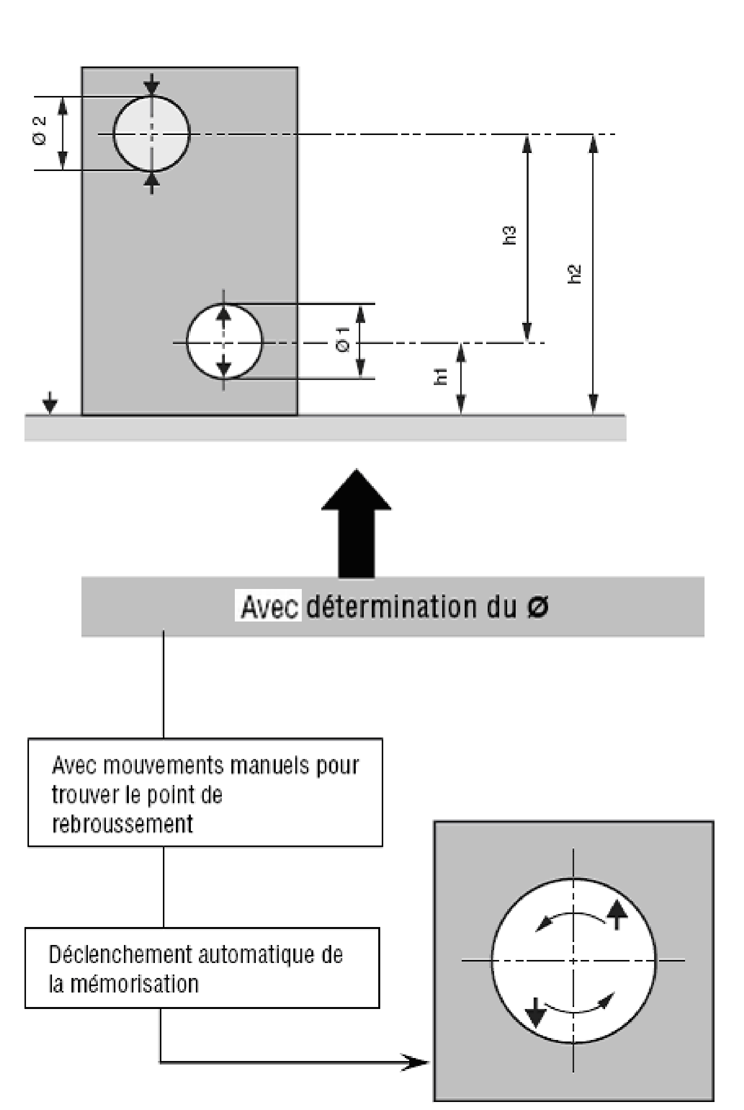



**Figure 4-7 Simple et double palpage**

## 4.8 Mode 3 – Mesure avec détection du point de rebroussement

Le TESA-Hite 400 / 700 possède un système de détection automatique de la forme de la surface palpée (concave ou convexe). Il en résulte qu'il n'est pas nécessaire d'indiquer au TESA-Hite 400 / 700 si l'on palpe une surface plane, un alésage ou un arbre, celui-ci va détecter tout seul si il y a un point de rebroussement et en fonction du palpage haut ou bas s'il s'agit d'un maximum ou d'un minimum.

Le système se met automatiquement en mode détection du point de rebroussement. Il suffit alors de déplacer la pièce ou le TESA-Hite 400 / 700 à l'aide de son coussin d'air de manière à ce que la touche de mesure passe par le point de rebroussement.




En résumé il faut palper proche du fonds du cercle et garder la pression en sortant la vis moletée : ensuite régler une pression adéquate avec la manivelle (indiquée par 4 (ou 3) traits).

On déplace ensuite la pièce (plutôt que la colonne) le long du cercle comme indiqué sur la figure jusqu'au bip.

Dès que le symbole ∇ apparaît à l'écran, le système aura détecté automatiquement le point maxi ou mini de l'alésage ou de l'arbre à mesurer.

On répète la séquence au sommet du cercle. La cote du centre du cercle apparait (h1, respectivement h2 sur la figure). En pressant « F3 » on obtient ensuite le diamètre.

# 5 Mesurages

## 5.1 Mode avec calibration

La procédure est illustrée au **point 4.7, page 9** précédente.

Effectuer une série de 5 mesures des cotes indiquées.

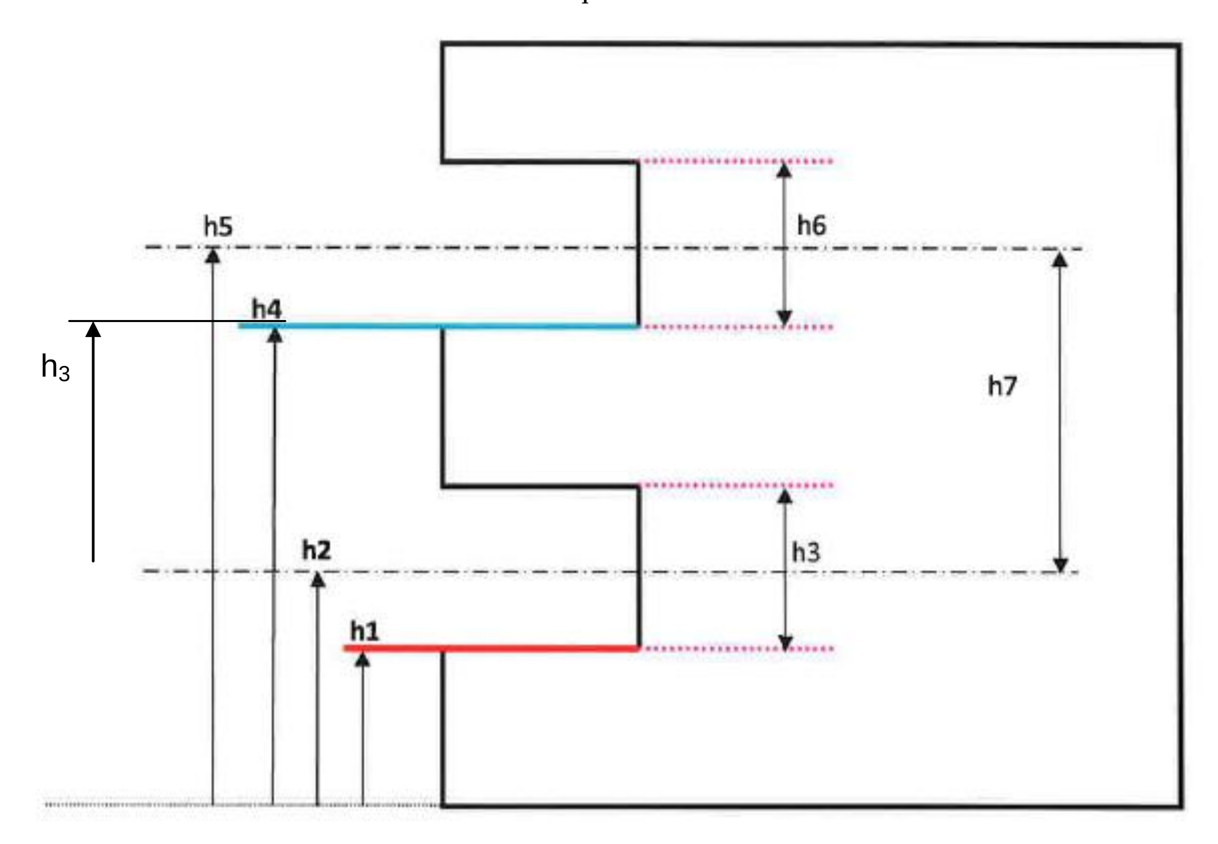



**Figure 5-1**

| Série | $h_1$ | *Hauteur du centre de la cavité =* $h_2$ | *Hauteur de la cavité =* $h_3$ (F3) | $h_4$ | *Hauteur du centre de la cavité =* $h_5$ | *Hauteur de la cavité =* $h_6$ (F3) | *Entraxe entre les deux cavités =* $h_7$ (F4) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |

## 5.2 Mesure de cercles

La procédure est illustrée au **point 4.8, page 11** précédente.

Effectuer une série de 5 mesures des deux diamètres indiquées.

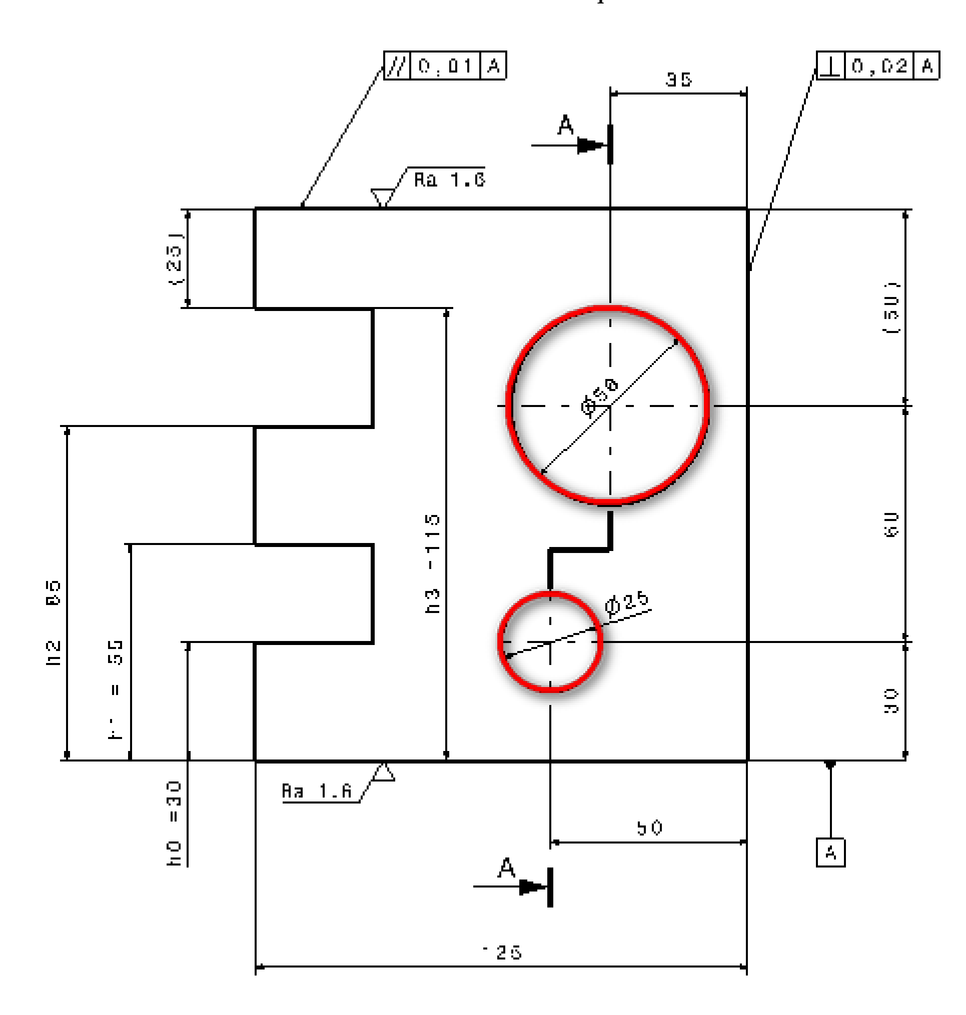



**Figure 5-2**

| **Série** | **Hauteur axe** $\phi 25$ | $\phi 25$ | **Hauteur axe** $\phi 50$ | $\phi 50$ | *Entraxe* 60 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

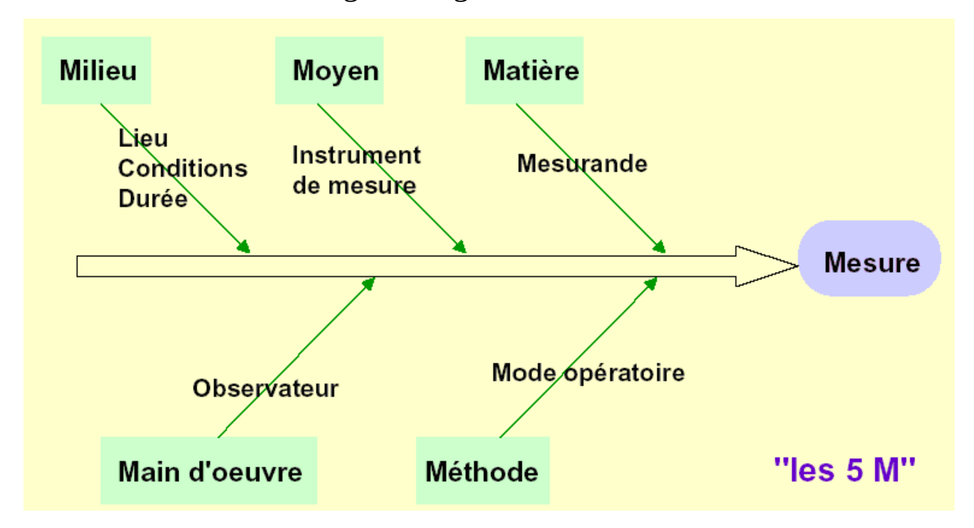
## 5.3 Répétabilité et reproductibilité

Afin d'évaluer les **erreurs et incertitudes propres de ce système de mesure** il est demander d'effectuer une série de 20 mesure à la suite de la même côte simple (par exemple la côte $\mathbf{h_1}$ de la Figure 5-1).

Ensuite on déplacera à la fois la machine et la pièce sur une autre partie du marbre, on refera le zéro et on re-effectuera une nouvelle série de 20 mesures de la même côte.

# 6 Critique du procédé

Présenter dans le rapport une critique du procédé: indiquer systématiquement toutes les erreurs pouvant intervenir au cours du mesurage le long de toute la chaine de mesure.




On explicite successivement, les contributions à l'erreur de mesure des **moyens**, de la **méthode de mesure**, l'impact du **milieu environnant** et de la **main d'œuvre** (l'expérimentateur) sans oublier l'objet mesuré lui-même: le **mesurande**.

Pour le classement des différents types d'erreurs pouvant intervenir, référez-vous aussi aux principes généraux décrits en particulier aux **chapitres 4 et 7 du polycopié**.

# 7 Rapport de mesure, analyse et interprétation

Le rapport de mesure consistera en :

- Toutes les mesures effectuées sur les échantillons.
- Critique du procédé et catégorisation et liste de toutes les erreurs possibles et facteurs pouvant affecter la précision des mesures.
- Meilleures estimations, écart-type et incertitude de chaque mesure et chaque moyenne.
- Pour les mesures au point 5.3 plus haut :
  - Pour les deux séries de mesures : moyenne, écart-type, éventuellement histogramme et diagramme des fréquences cumulées, etc..
  - Evaluation de la répétabilité et de la reproductibilité.
- Eventuelles remarques et suggestions..

# 8 Distribution du travail

Ce TP peut être réalisé individuellement ou en équipe de 2 ou 3 personnes. Le rapport peut être rédigé en se partageant le travail mais il devra être revu et corrigé avant livraison par tous les membres.

Il est en tout cas important que **tous les membres de l'équipe maitrisent tous les aspects**, à la fois pratiques et théoriques, de ce TP.

**On rappelle que l'examen final de métrologie inclura des questions en rapport avec les TP effectués**.

# 9 Références

Manuel d'utilisation, TESA-hite 400 / 700

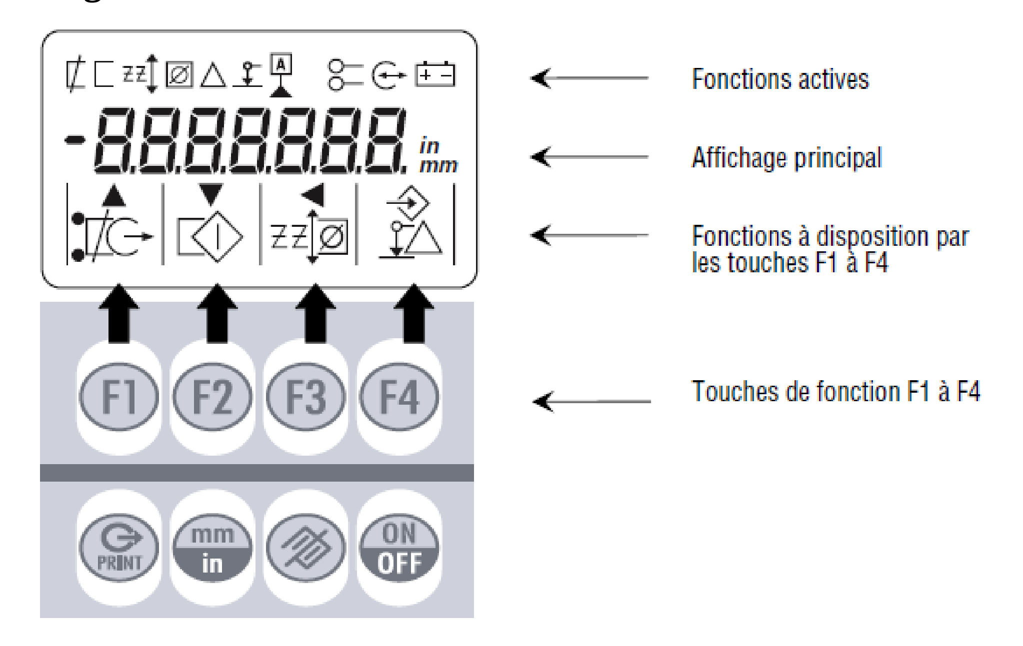
http://php.iai.heig-vd.ch/~lzo/metrologie/descr/ME_Thite_400_700_FR.pdf

# 10 Annexes

## 10.1 Définition des symboles affichés

| | |
|---|---|
| 1 | Mesures de longueur dans une direction, sans constante de palpage (Mode de mesure 1) |
| 2 | Mesures de longueurs dans deux directions, avec constante de palpage (Mode de mesure 2) |
| 3 | Affichage en continu (mode de mesure 3) |
| 4 | Affichage de la différence entre les deux derniers palpages (mode de mesure 2) |
| 5 | Affichage de la différence entre les deux dernières valeurs affichées (Mode de mesure 1 et 2) |
| 6 | Mesurages incluant 2 palpages par valeur définie (Mode de mesure 2) |
| 7 | Mesurages incluant 1 palpage par valeur définie (Mode de mesure 2) |
| 8 | Saisie d'une nouvelle référence (Mode de mesure 1, 2 et 3) |
| 9 | Fonction «PRESET» (présélection des valeurs) (Mode de mesure 1, 2 et 3) |
| 10 | Transfert automatique des données à un périphérique |
| 11 | Confirmation et enregistrement des données en mémoire |
| 12 | Incrémenter d'un chiffre, en mode mesure indique la détection du point de rebroussement maximum |
| 13 | Décrémenter d'un chiffre, en mode mesure indique la détection du point de rebroussement minimum |
| 14 | Déplacement d'un chiffre (position) vers la gauche |
| 15 | Start de la mesure de saisie des écarts de parallélisme |

## 10.2 Affichage et touches de fonction







Transfert d'une valeur à un périphérique



Annulation de la dernière fonction ou du dernier palpage




Changement d'unité




Enclenchement / déclenchement

## 10.3 Pièce à mesurer

